



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA

# Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales.

<b>Apellidos, nombre</b>	Ferriol Molina, María (mafermo@upvnet.pv.es) Merle Farinós, Hugo (humerfa@upvnet.upv.es)
<b>Departamento</b>	Ecosistemas Agroforestales (U.D. Botánica)
<b>Centro</b>	Universidad Politécnica de Valencia



## 1 Resumen de las ideas clave

En este artículo docente vamos a explicar los conceptos de alfa- beta y gamma-diversidad en el contexto del estudio de las comunidades vegetales de un paisaje o de una zona geográfica determinada. Aprenderemos además cómo estimar cada uno de estos componentes a partir de índices de biodiversidad.

## 2 Introducción

La biodiversidad de un ecosistema puede abordarse desde distintas perspectivas: variabilidad genética dentro de poblaciones de seres vivos, diversidad de especies, heterogeneidad en los hábitats, etc. A nivel de paisaje o de una región concreta, la diversidad vegetal es observable al primer golpe de vista como manchas en el territorio de distinto color, textura y cobertura de las plantas. ¿Cómo podemos evaluar esta diversidad y cuantificarla para luego poder conocer y gestionar mejor el territorio? En 1960, Whittaker propuso los términos de alfa, beta y gamma diversidad con el objeto de estimar la diversidad a distintas escalas de este paisaje o región.

## 3 Objetivos

Una vez que el alumno se lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Relacionar los conceptos de alfa, beta y gamma diversidad con las distintas escalas geográficas y ecológicas de un paisaje o región.
- Calcular cada uno de estos parámetros de diversidad mediante el empleo de índices de biodiversidad.

## 4 Desarrollo

El mantenimiento de la biodiversidad es fundamental para asegurar la sostenibilidad de los recursos naturales. Altos niveles de biodiversidad permiten un buen funcionamiento de los ecosistemas, una elevada capacidad de reacción a presiones externas (incendios, enfermedades, plagas...) y una óptima adaptación a un medio ambiente cambiante (cambio climático, usos del suelo por parte del hombre, etc.). Cuando nos enfrentamos a la labor de gestionar los recursos naturales, conocer qué zonas poseen más biodiversidad, qué especies integran esta biodiversidad y en qué medida, es fundamental para plantear políticas de conservación exitosas. A pesar de que la estimación de la biodiversidad es compleja debido a la cantidad de conceptos que engloba, en este documento se dan las claves de cómo evaluar la biodiversidad a nivel de comunidades vegetales y de paisaje de forma sencilla.

En este artículo, veremos que la biodiversidad a nivel de paisaje se divide en tres componentes: alfa, beta y gamma. El documento se articula en tres partes. En la primera, se ofrece una breve definición de estas componentes. Posteriormente, se presentan las utilidades prácticas más comunes que poseen. Por último, analizaremos los modos de calcularlas empleando índices de biodiversidad.



## 4.1 Definiciones

Generalmente, un paisaje (o zona geográfica concreta) consta de varias comunidades vegetales que se distribuyen en el territorio en función de los parámetros ecológicos, usos del suelo por parte del hombre, u otros factores (áreas incendiadas, etc) (Figura 1).



Figura 1. Paisaje del Maestrazgo (Castellón). En el primer plano se aprecia una comunidad constituida por un tomillar – aulagar. En la montaña del segundo plano, se pueden observar claramente dos comunidades diferenciadas: un carrascal en la ladera de la derecha y un tomillar muy aclarado que se instala sobre antiguos bancales en la de la izquierda. Al fondo, se observa un mosaico de comunidades, apreciables sobre todo por el cambio de color y la cobertura de la vegetación.

La alfa-diversidad es la biodiversidad intrínseca de cada comunidad vegetal concreta del paisaje en cuestión.

Entre dos comunidades vegetales distintas geográficamente contiguas en el territorio, existirán especies diferentes y muy probablemente especies comunes. La beta-diversidad es la tasa de cambio en especies de dos comunidades vegetales adyacentes. Refleja por lo tanto la diferencia de composición de las dos comunidades y en última instancia la heterogeneidad del paisaje.

La gamma-diversidad es la diversidad intrínseca de un paisaje, e integra las componentes alfa y beta de la diversidad. Estima la variedad de especies en una zona determinada, incluyendo todas las comunidades que se encuentran en ella (Figura 2).

La alfa- y beta- diversidad son independientes. Un paisaje puede tener una alfa diversidad media (promedio de los valores de alfa-diversidad de cada una de las comunidades que lo componen) elevada y una beta-diversidad media baja, o al contrario (Figura 3).

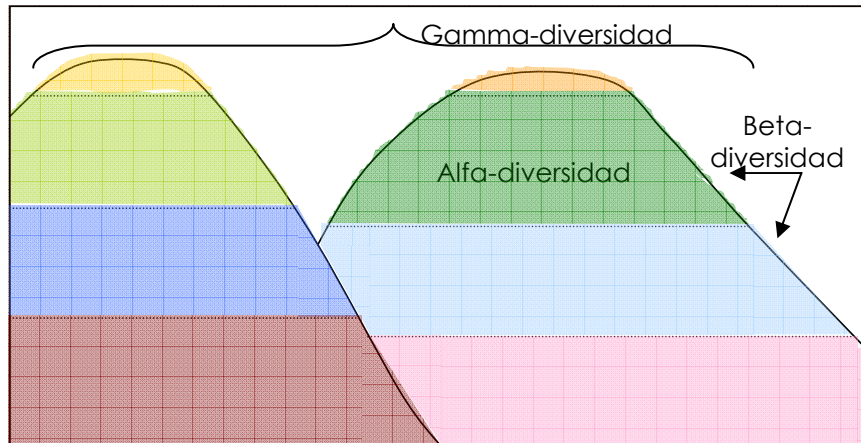


Figura 2. Representación gráfica de la alfa-, beta- y gamma-diversidad de un paisaje montañoso, en el que las comunidades vegetales se distribuyen según un gradiente altitudinal.

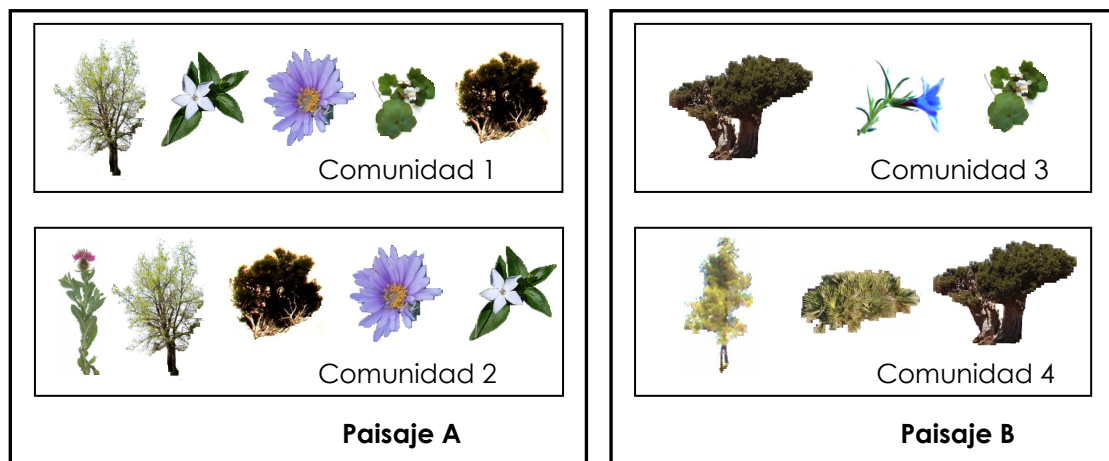


Figura 3. Ejemplo ficticio y simplificado de la diversidad de dos paisajes diferentes. La alfa diversidad media (medida como número de especies vegetales distintas) del paisaje A es 5, y la del paisaje B es 3. Sin embargo, la beta diversidad (medida como número de especies distintas respecto al conjunto de especies de ambas comunidades) del paisaje A es 0,3 ( $2/6$ ), mientras que la del paisaje B es 0,8 ( $4/5$ ). En conjunto, la gamma-diversidad (medida como número de especies vegetales distintas) del paisaje A es 6, mientras que la del paisaje B es 5.

## 4.2 Aplicaciones prácticas de la alfa-, beta- y gamma-diversidad

### 4.2.1 Aplicaciones de la alfa- y gamma-diversidad

La alfa-diversidad, medida sobre comunidades concretas, y la gamma-diversidad, medida sobre paisajes o zonas concretas, poseen una aplicación muy importante en la gestión del territorio: la cartografía. Muchos de los espacios protegidos se basan en tres premisas: la conservación del mayor número posible de especies y endemismos y la preservación de taxones



amenazados. Por lo tanto, para la primera premisa, es fundamental poder identificar las zonas de mayor biodiversidad de un territorio. Para ello, se pueden obtener mapas en los que se muestra la diversidad medida como número de taxones en un área del territorio dada, generalmente cuadrados UTM, tal como muestra la Figura 4.

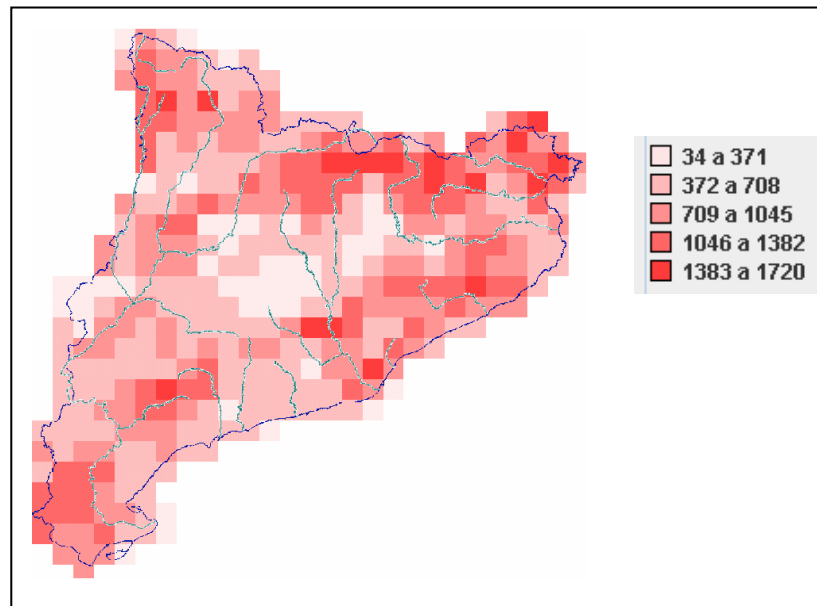


Figura 4. Cartografía del número de taxones vegetales encontrados en los cuadrados UTM de 10 km de lado de Cataluña (Fuente: Font, 2011).

Por otra parte, saber el número de taxones o especies de un territorio es imprescindible para relacionar la variación de la diversidad con parámetros ambientales, como la altitud, la productividad o la biomasa del ecosistema. En estos casos, la mejor forma de estudiar estas relaciones es mediante gráficos como los de la Figura 5.

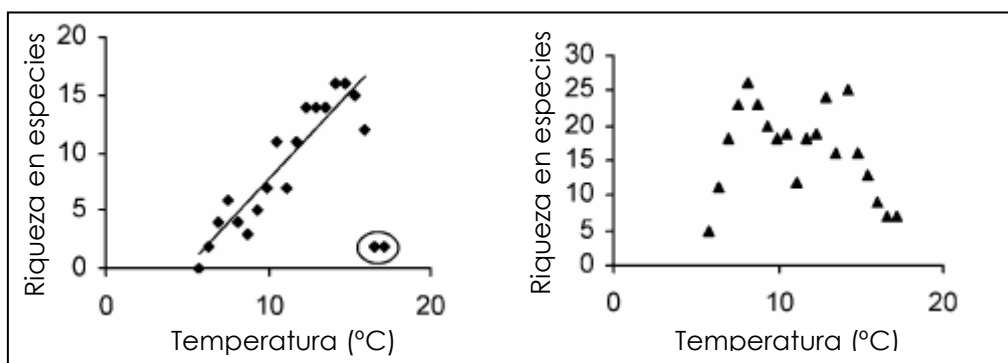


Figura 5. Relación entre la riqueza en especies leñosas y la temperatura media anual en dos ecosistemas diferentes: tropical (izquierda) y templado (derecha). En el ecosistema tropical, la diversidad en especies leñosas está linealmente relacionada con la temperatura, mientras que esto no ocurre en el ecosistema templado. Si se estudiaran otros grupos taxonómicos, este patrón podría no observarse (Fuente: Oomen y Shanker, 2005).

## 4.2.2 Aplicaciones de la beta-diversidad

La beta-diversidad se emplea fundamentalmente para estudiar la heterogeneidad del paisaje (Figura 6). Igualmente, se ha usado para evaluar el efecto de añadir una comunidad diferente a un espacio protegido o de aumentar la superficie de éste. Además, también se puede emplear en una escala temporal, para analizar la tasa de cambio de las comunidades vegetales a lo largo de una sucesión ecológica.

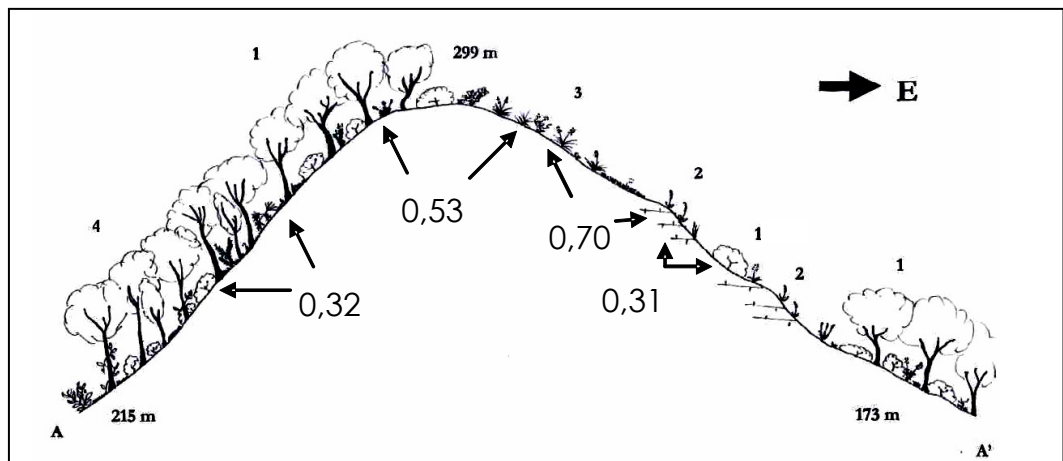


Figura 6. Transecto de la "Rodana de l'Or" en el paraje municipal de les Rodanes (Valencia). En el diagrama se muestra los valores de la beta-diversidad entre las distintas comunidades vegetales (1. *Quercococciferae-Pistacietum lentisci*, 2. *Cheilanthemum marantae-maderensis*, 3. *Heteropogono-contorti-Stipetum tenacissimae*, y 4. *Ericetum scopario-arboreae*).

## 4.3 Cálculo de la alfa-, beta- y gamma-diversidad

### 4.3.1 Cálculo de la alfa-diversidad

Como se ha mostrado en ejemplos anteriores, la forma más sencilla de estimar la alfa-diversidad de una comunidad vegetal concreta es mediante el número (o riqueza) de especies que la componen. Sin embargo, esta medida no tiene en cuenta la uniformidad o equilibrio. En una comunidad vegetal dada, generalmente existen pocas especies con un alto grado de dominancia (medida como número de individuos o como cobertura), y muchos individuos con una abundancia relativa baja. Cuanto mayor sea la uniformidad de la comunidad, las distintas especies aparecerán de forma más equilibrada en cuanto a su proporción (Figura 7). Una comunidad será más diversa si, además de poseer un alto número de especies, posee además una alta uniformidad.



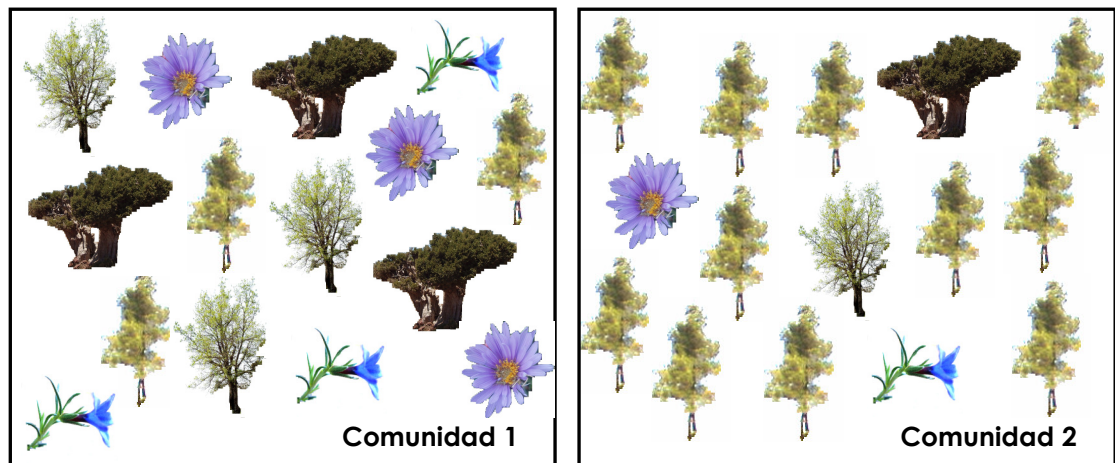


Figura 7. Esquema ficticio de dos comunidades. La primera posee una uniformidad perfecta ya que todas las especies están igualmente representadas. La segunda posee una baja uniformidad ya que una de las especies domina sobre las demás.

Para tener en cuenta tanto la riqueza en especies como la uniformidad, se han elaborado distintos índices. Las proporciones de las especies se indican como  $p_i$ , siendo este valor el número de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos de las  $S$  especies de una comunidad (en numerosas ocasiones, en vez del número de individuos se emplea la cobertura o el índice de abundancia dominancia para calcular  $p_i$ ). Entre los índices más empleados se encuentran los siguientes:

Índice de Simpson (Ecuación 1). Expresa la probabilidad de extraer de la comunidad dos individuos al azar que sean de la misma especie. Es una medida de dominancia donde las especies comunes tienen mucho peso respecto a las especies raras. Oscila entre 0 (cuando hay únicamente una especie) y  $(1-1/S)$ .

$$\lambda = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Ecuación 1. Índice de Simpson

Índice de Shannon-Wiener (Ecuación 2). Este índice, que procede de la teoría de la información, es el más ampliamente empleado ya que considera tanto la riqueza en especies como su abundancia, al emplear una escala logarítmica. Varía de 0 (cuando hay solo una especie) y  $\ln S$ .

$$\bar{H} = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Ecuación 2: Índice de Shannon-Wiener



Índice de uniformidad de Pielou (Ecuación 3). Este índice mide la uniformidad o equilibrio de un ecosistema, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies pero con una uniformidad máxima. Oscila entre 0 y 1.

$$\bar{e} = \frac{\bar{H}}{\ln S}$$

Ecuación 3. Índice de uniformidad de Pielou

### 4.3.2 Cálculo de la beta-diversidad

La beta diversidad puede calcularse de diferentes modos.

Cuando se tienen registradas las especies de dos comunidades entre las cuales se desea calcular la beta-diversidad, se puede obtener el cociente entre el número de especies distintas y el número de especies total considerando el conjunto de ambas comunidades. Una forma análoga de estimar la beta-diversidad del paisaje es obtener la tasa de aumento de la alfa-diversidad a medida que se incorporan las comunidades que lo integran.

Al reflejar diferencias en la composición de las especies, la beta-diversidad también puede calcularse a partir de coeficientes de similitud o disimilitud o a partir de distancias.

Los coeficientes de similitud (o disimilitud) entre comunidades se emplean cuando solo consideramos la presencia o ausencia de especies y no sus proporciones. (Ecuación 4).

$$\beta = \frac{2c}{S_1 + S_2}$$

Ecuación 4. Índice de similitud de Sorensen.  $S_1$  es el número de especies de la comunidad 1,  $S_2$  es el número de especies de la comunidad 2, y  $c$  el número de especies comunes a ambas comunidades. Oscila entre 0, cuando no existen especies comunes, y 1, cuando ambas comunidades son idénticas.

Las distancias entre comunidades se emplean cuando, además de la presencia o ausencia de especies, se considera igualmente las diferencias en sus proporciones (en cuanto a número de individuos, biomasa, cobertura, etc). Una de las distancias más empleadas es la de Bray-Curtis (Ecuación 5).

$$d_{12} = \frac{\sum_{n=1}^S |x_{1n} - x_{2n}|}{\sum_{n=1}^S (x_{1n} + x_{2n})}$$





Ecuación 5. Distancia de Bray-Curtis entre la comunidad 1 y la comunidad 2.

### 4.3.3 Cálculo de la gamma-diversidad

La gamma-diversidad de una región o paisaje suele evaluarse mediante el número de especies que la componen (listas regionales de especies, catálogos, etc.). Sin embargo, esta medida no permite conocer si la diversidad observada se debe a la presencia de comunidades poco o muy distintas entre sí o más o menos ricas intrínsecamente. Para tener en cuenta ambas componentes, se ha propuesto que  $\gamma = \alpha + \beta$  y también  $\gamma = \alpha \times \beta$ .

## 5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto qué significan las componentes alfa-, beta- y gamma-diversidad de un paisaje y qué aplicaciones prácticas reales tienen cada una de ellas. Asimismo, hemos repasado las formas más comunes de calcular su valor. Se ofrece un resumen del objeto de aprendizaje en la Tabla 1.

Componente	Definición	Aplicaciones	Cálculo
Alfa-diversidad	Diversidad intrínseca de una comunidad	Cartografiar biodiversidad Relacionar biodiversidad con parámetro ambiental	Riqueza de especies Índice de Simpson Índice de Shannon-Wiener Índice uniformidad Pielou
Beta-diversidad	Tasa de cambio en la composición de distintas comunidades	Medir la heterogeneidad de un paisaje	Coefficientes de similitud (Sorensen) Distancias (Bray-Curtis)
Gamma-diversidad	Diversidad de un paisaje compuesto por distintas comunidades	Igual que la alfa diversidad pero a mayor escala	Riqueza de especies Relación entre alfa- y beta-diversidad

Tabla 1. Resumen de las definiciones, aplicaciones prácticas y cálculo de las tres componentes de biodiversidad de un paisaje: alfa, beta y gamma.

## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

[1] Odum, E.P., Warrett, G.W: "Fundamentos de Ecología" 5ª edición., Ed. Thompson, 2006.



[2] Terradas, J: "Ecología de la vegetación", Ed. Omega, 2001.

## 6.2 Artículos:

[3] Oomen, M.A., Shanker, K: "Elevational species richness patterns emerge from multiple local mechanisms in Himalayan woody plants", 2005, Ecology 86 (11), pág. 3039-3047.

## 6.3 Referencias de fuentes electrónicas:

[4] Halffter, G., Moreno, C.E., Pineda, E.O: "Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera", M&T, Manuales y Tesis SEA Vol. 2, 2001. Disponible en <http://www.sea-entomologia.org/PDF/M&TSEA02.pdf>.

[5] Font, X: "Mòdul Flora i Vegetació. Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya", Generalitat de Catalunya y Universitat de Barcelona, 2011. Disponible en <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>.